
TEMA XI: SISTEMAS Y METODOS DE RIEGO

XI.1. Necesidad en agua para riego

XI.1.1. Atributos. Uso consuntivo. Precipitación y eficiencia. Necesidad en agua de riego. Balance hidrológico por cultivo. Dotación. Caudal ficticio continuo.

Cantidad de agua requerida por los cultivos: Depende de las **necesidades básicas**:

- 1) Cultivo (uso consuntivo de la planta)
- 2) Clima (lluvia, humedad, calor, etc)
- 3) Suelo (características físicas y químicas)

Estos aspectos representan las necesidades básicas, porque establecen entre sí las relaciones fundamentales en lo que respecta al uso propiamente dicho del agua por las plantas.

Cada cultivo tiene sus características particulares. La demanda de agua es variable con el **cultivo**, con el ciclo vegetativo de la planta y el tiempo, y el espacio o cobertura que hace arealmente la planta.

El **clima** fija la demanda transportativa de agua y maneja la necesidad de agua de las plantas por medio de la lluvia, la humedad y el calor.

El **suelo** de acuerdo a sus características físicas y químicas, retendrá el agua con mayor o menor cantidad y rapidez. En días ventosos, la planta se siente exigida a transpirar más, en consecuencia se da el marchitamiento transitorio, período en el cuál la planta no crece. A veces se protege del viento a los cultivos con cortinas de árboles.

A las necesidades básicas se le agregan las **pérdidas** que significa llevar el agua para riego de las plantas, y estas pérdidas están asociadas a:

- 4) El sistema o método de riego
- 5) La competencia del regante
- 6) El sistema ó método de conducción y/ó distribución.

Estos últimos son conceptos que incrementan las necesidades básicas. Son elementos que hacen perder agua por deficiencia en el uso. Por ejemplo el método de riego por aspersión tiene una eficiencia del 75 %. El método de riego por inundación por surcos o melgas: 45 % - 50 % (ó menos).

Evapotranspiración

Una de las formas de determinar la cantidad de agua que necesita una planta está determinada por la evapotranspiración. Está en función del cultivo, del nivel de humedad y del suelo (muy compacto, impide evapotranspiración). Esta condicionada por estos factores.

Lo que realmente se puede medir es la evapotranspiración potencial, establecida para un caso típico de un vegetal bajo, que cubre totalmente el terreno, terreno franco y profundo, y que no tiene limitaciones de humedad. En ese momento la evapotranspiración depende del clima. Criterio establecido por Thornthwaite.

ETP = Función de: Radiación global, Velocidad del viento, Tensión de vapor, Coeficiente de reflexión, Temperatura, Horas de sol.

ETReal = ETP * Coeficiente

Coeficiente = Coeficiente Limitante. ETR menor o igual a ETP.

ETR = ETP * K

K es menor o igual a 1

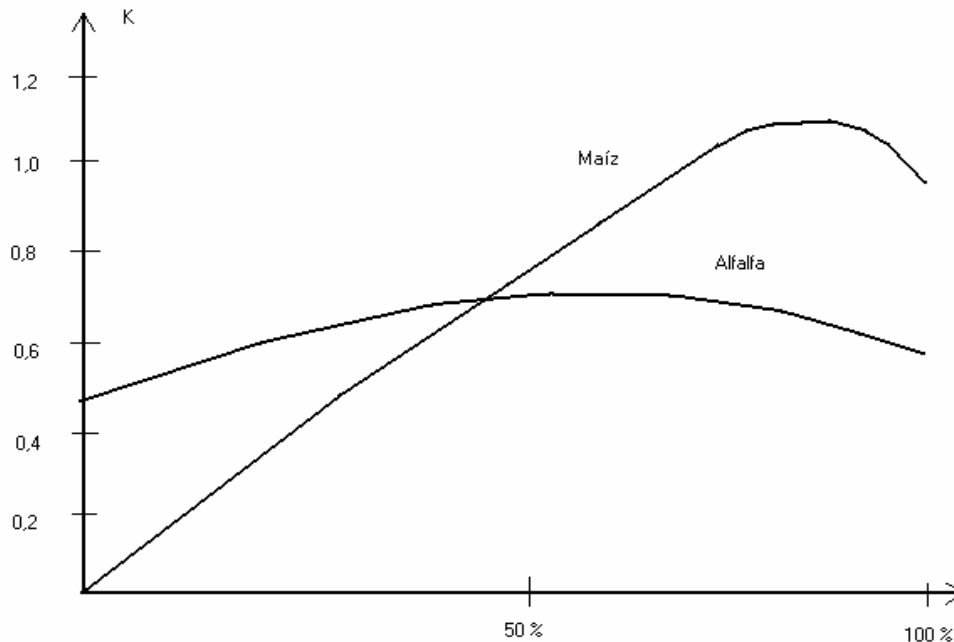
K = Ks * Kh * Kc;

K = función del cultivo, suelo y humedad.

Ks: Factor de limitación edáfica. En general se trabaja donde no existen limitaciones edáficas, por lo que $K_s = 1$.

Kh: Factor de limitación por humedad. No se considera porque el propósito en proyectos de riego es que el suelo tenga la humedad que necesita la planta.

Kc: Es un valor que varía en el tiempo, creciendo con la planta hasta llegar a un máximo y luego disminuye. Está relacionado con el ciclo vegetativo de la planta.



Estos coeficientes se ubican sobre la base de la situación de riego considerado. No obstante, el cultivo puede admitir un ciclo ligeramente menor, mayor o desplazarse un mes, según las condiciones climáticas, ecológicas y de latitud.

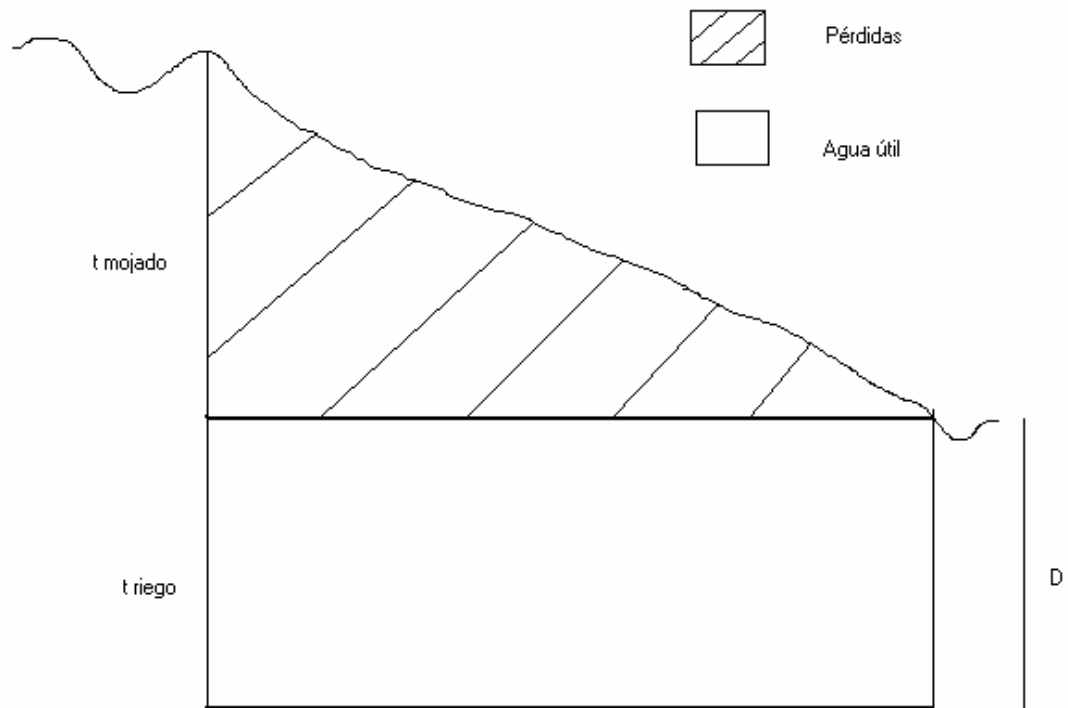
Aportes naturales

El balance hídrico implica encontrar la cantidad o volumen de agua mensual requerido por los cultivos bajo riego. En zonas húmedas sobre el total de agua que necesita la planta, un porcentaje es aportado por la precipitación y en ese caso la cantidad de agua a regar disminuye. En un caso se hace riego complementario, una parte de lo que necesita el cultivo. En zonas secas el aporte es prácticamente total y el riego es de base. El problema reside en calcular la precipitación mensual que estadísticamente será usada como aporte natural.

Economía del agua: Pérdidas

4) El sistema ó método de riego tiene pérdidas, asociadas a la cantidad de agua que se pierde en profundidad por percolación o por escurrimiento al final de la superficie donde se efectúa el riego.

Ejemplo de método de riego por surco:



Hay que tratar de disminuir al máximo el tiempo de mojado.

5) Competencia del regante: El agua entregada demás se pierde por percolación o por escurrimiento. Depende de la preparación que tienen los regantes para distribuir el agua en toda la superficie de riego. Este detalle se maximiza en riego superficiales por melgas o surcos, donde el agricultor opera el sistema y las cantidades de surcos o melgas a regar. Al no estar controlando el tiempo de riego y derivar agua a otro sector, agua que entra permanentemente como caudal, al no verificar si llega hasta el final del surco o sobrepasa a este, o bien por que no se encuentra en el momento de riego, implica derroche de agua o pérdidas y a veces las mayores, que disminuyen la eficiencia del sistema de riego.

6) Sistemas de conducción y distribución: Se puede regar en canales a cielo abierto, revestidos o no, conducción por tuberías a baja y alta presión, etc. Cada uno de los métodos implican pérdidas por infiltración y evaporación que deben ser contempladas.

En los canales revestidos o de tierra existe infiltración en todo el largo, habrá pérdidas por evaporación, y en ambos canales se puede dar el mal manejo de las compuertas (una vez que se largó el agua no hay modo de pararla). En consecuencia si el sistema no está organizado se dan grandes pérdidas.

Eficiencia.

Es la relación entre el volumen de agua realmente utilizado, necesario para la planta y el volumen de agua que se entrega. Tiene distintos valores. La eficiencia es el concepto contrario de la pérdida.

$$E_f = V / V_e$$

$$V = \text{Volumen útil}$$

$$V_e = \text{Volumen entregado}$$

El volumen de agua que se entrega a la chacra es distinto y menor que en la entrada al sistema de riego. En este volumen de entrega están contempladas las pérdidas para que se asegure un determinado valor a cada planta. En Israel el método del riego por goteo tiene las menores pérdidas y por lo tanto las mayores eficiencias.

Las distintas pérdidas se contemplan con un coeficiente de eficiencia. Es la relación del volumen utilizado con respecto al volumen entregado. La eficiencia estará en función al nivel que se está considerando el análisis.

A nivel del sistema es: $Es = V / Vs$

V = Volumen que necesita la planta. Vs = Volumen total a entregar para que la planta reciba V.

A nivel de conducción es $Ec = V1 / Vs$

V1 = Volumen a nivel de la planta. Tiene en cuenta las pérdidas por manejo del agua dentro de la parcela. Vs = Volumen que debe aportarse al comienzo del sistema, que involucra las pérdidas de conducción y distribución para llevar el agua desde una fuente por canales hasta la entrada al campo o parcela, y las que se producen dentro de la parcela por el manejo interno.

A nivel de parcela es $Ea = V / V1$

Las pérdidas que existen se dividen en conducción y distribución, con factores tales como infiltración, evaporación, mal cierre de compuertas; y las de aplicación por manejo inadecuado por parte del regante, exceso de escurrimiento, percolación, etc.

<u>Pérdidas</u>	<u>Arenoso</u>	<u>Franco</u>	<u>Arcilloso</u>
Pérdidas por escurrimiento:	5%	15%	30%
Pérdidas por percolación:	40%	10%	5%
Pérdidas de Aplicación:	45%	25%	35%
Pérdidas por Conducción:	15%	6%	2%

$Ec = 100 - \text{Pérdidas por conducción y distribución.}$

Las eficiencias en las distintas etapas se multiplican.

Necesidad de agua para riego

Para hacer un balance hídrico de la necesidad de agua por riego para un cultivo se tiene ETR (mm) y Pe (mm). La diferencia constituye la cantidad a regar.

$N = ETR - Pe = \text{Necesidad o cantidad a regar}$

En riego debe analizarse qué valores de precipitación total deben ser utilizados para descontar al consumo total de la planta y averiguar el consumo por riego N. Comúnmente se debe hacer un análisis estadístico que refleje un año seco para el diseño del sistema de riego, que no sea el mas crítico ya que sería un sistema muy costoso. En riego se toman años secos que oscilan en tiempos de recurrencia de 10 a 15 años, o bien se define un año típico seco como el aportante natural para descontar al consumo de la planta. El análisis se puede realizar trabajando con los valores anuales y a través de una distribución estadística encontrar aquel año que tenga el tiempo de recurrencia citado y utilizarlo para el cálculo de la necesidad de riego, o bien hacer un análisis similar pero con series mensuales y encontrar dicho valor mes a mes, obteniendo un año de aporte con dicho valores.

El cálculo no solo debe contemplar las pérdidas y cuantificar el excedente que debe agregarse para que efectivamente el cultivo reciba la cantidad extra entregada por riego, sino que debe contemplarse en un proyecto de riego la distribución de los cultivos que se harán en toda la superficie, hasta definir que serán tales o cuales cultivos, con indicación de las superficies o porcentajes de participación de cada uno de ellos en el total, de modo que se pueda cuantificar un valor ponderado de requerimiento de agua para riego, que contemple las necesidades de cada cultivo y su incidencia en el total, para finalmente tener la necesidad global del sistema a regar.

Dotación

Es la cantidad de agua que necesita la planta en un determinado tiempo, desde que se siembra hasta que se cosecha. Se determina como la cantidad de agua que necesita la planta para su desarrollo completo. Es otro modo de definir la necesidad de agua que requiere un cultivo a lo largo de su desarrollo, incluyendo la variable tiempo, es tanta agua a regar en tanto tiempo o plazo.

Cuando se habla de dosis no se tiene en cuenta al tiempo (m^3 , mm/ha, mm). Refleja la cantidad de agua que puede almacenar el suelo en base a las características físicas del mismo y la profundidad radicular del cultivo en análisis. La dotación en cambio incluye al tiempo requiriendo tantos mm, m^3/ha , m^3 ; durante el período vegetativo o un mes o un día o un año.

Caudal ficticio continuo (q)

Es el caudal que debe recibir la planta durante el mes: $1200 m^3/ha \times mes = 120 mm/mes = 0,46 l/s/ha = q$. Es otra forma de medir la dotación, con el tiempo incluido. Se debe dividir la necesidad de riego por la cantidad de segundos que tiene un mes. Es ficticio porque finalmente no se entrega de ese modo o al menos es muy difícil, y continuo porque expresa la demanda real y permanente del cultivo.

También se puede hablar de q ficticio continuo de toda una temporada de riego. Es un valor muy usado, especialmente para comparar entre distintos proyectos de riego. Permite a su vez determinar la relación entre la oferta de agua para riego y el consumo del sistema a regar, con lo que automáticamente refleja la máxima superficie factible de ser regada. Por ejemplo si se dispusiera de 2 m^3/seg (2000 l/seg) de oferta, y el consumo de la alfalfa en el mes pico es de 0.5 l/seg/ha, se puede averiguar la superficie factible de regar:

$$\text{Superficie} = Q \text{ oferta} / q \text{ máx} = 2000 \text{ l/s} / 0,5 \text{ l/s/ha} = 4000 \text{ ha}$$

XI.1.2. Operación del riego. Relación dosis / dotación. Frecuencia de riego. Análisis de la relación. Superficie regable.

Dosis de agua

La capacidad de agua útil del suelo (C_u) es el volumen de agua útil (AU) contenida en un determinado espesor de suelo:

$$C_u = AU * S * D * A_s (m^3)$$

Donde: S = Area del suelo considerando (m^2)

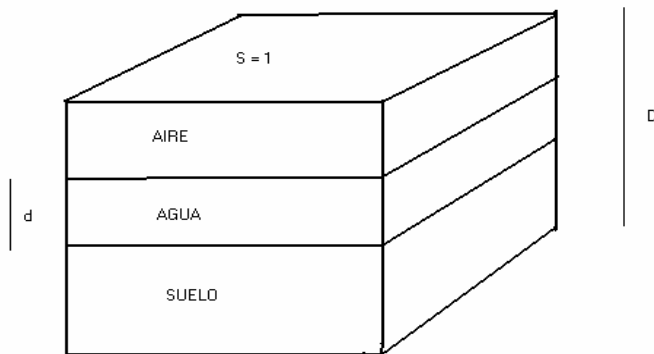
D = Profundidad radicular (m)

AU = (CC – MP) Porcentaje de humedad en peso de suelo seco.

A_s = Densidad aparente del suelo.

Lámina de agua

Es una manera práctica de medir el contenido en agua del suelo y los volúmenes de agua que se manejan en riego.



El porcentaje del contenido de humedad del suelo, en volumen, se expresa:

$$H_v = \text{Volumen de agua} / \text{Volumen total} = (d * 1 / D * 1) * 100 \quad d = H_v * D / 100$$

$$H_v = H_p * A_s \quad d = H_p / 100 * A_s * D \text{ (mm o cm)} = \text{Lámina de agua}$$

Expresa el contenido de agua por unidad de superficie. Se expresa en mm o cm de espesor de una lámina de agua. Define la **dosis teórica** que expresa el volumen a reponer en el suelo cuando éste ha llegado al estado de MP, para llevarlo a CC.

Como se había visto, no es conveniente que el contenido de humedad del suelo alcance la MP. Por lo que se repone el agua en un estado de humedad mayor, expresada por una fracción del contenido total de AU que se denomina AFU, agua fácilmente utilizable.

$$AFU = 0,5 \text{ a } 0,75 \text{ de AU.}$$

$$d_n = AFU / 100 * A_s * D = (0,5 \text{ a } 0,75) * ((CC - MP) / 100) * A_s * D$$

Define la **dosis neta** o lámina de reposición neta que es la que se incorpora en cada riego para llevar el suelo a CC, antes de alcanzar la MP.

Turnado de riego

También se puede calcular el tiempo que dura la incorporación de la dosis en el suelo y por lo tanto el tiempo al cabo del cuál hay que efectuar nuevamente el riego, que se denomina turnado de riego. Es el tiempo al cabo del cuál se debe reponer la dosis en el suelo, porque el cultivo ha consumido día a día dicho almacenamiento útil.

$$TR \text{ (días)} = d_n / E_{td} = \text{Días del mes} * d_n / N = d_n / q.$$

$$\text{Con el ejemplo de la alfalfa es: } TR = 40 \text{ mm} / 4 \text{ mm/día} = 10 \text{ días}$$

En 10 días se consume la dosis y debe ser repuesta con un nuevo riego.

Esa misma relación puede plantearse considerando el consumo de la planta, para cerrar el círculo de oferta de agua, almacenamiento en el suelo y consumo de la planta.

$$TR = d_n / E_{td} = d_n / q, \text{ siendo } q \text{ una forma de medir el consumo de agua del cultivo.}$$

$$d_n = TR * q$$

Si se multiplica a ambos términos por la superficie (S) y se incorpora la eficiencia queda:

$$TR * q * S = dn/Ef * S = db * S, \quad \text{Si } Q = q * S$$

$$TR * Q = db * S, \text{ con } Q = \text{Caudal de aplicación}$$

Relación fundamental de riego $db * S = Q * t = dn / Ef * S$

Superficie máxima a regar. Ríos no regulados, regulados total y parcialmente. Fuente subterránea.

Si la fuente u oferta de agua son ríos no regulados se tendrán distintos caudales mensuales promedios, por lo que la comparación mensual de la oferta con la demanda de agua para riego, de modo de obtener la superficie máxima a regar, debe ser calculada mes a mes.

El cálculo se obtiene aplicando la ecuación fundamental de riego:

$$Q * t = d * S, \quad TR = d / q \quad d = TR * q$$

$$Q * t = TR * q * S$$

El tiempo límite t, como tiempo de riego o de entrega de caudal para entregar el volumen almacenable en el suelo, al cabo del cuál se consume la dosis es el TR, mas tiempo que éste no se puede entregar agua por que faltaría para cubrir la demanda del cultivo, con lo que al ser como límite t = TR, la ecuación queda:

$$\text{Superficie (ha)} = Q \text{ (l/s)} / q \text{ (l/s x ha)}$$

Superficie máxima a regar que variará mes a mes, debiéndose adoptar la más pequeña, ya que es la que asegura regar todos los meses esa superficie, y por lo tanto pasa a ser la superficie del distrito de riego para la cual se hace el proyecto.

Mes a mes se determina S según la demanda q (Caudal específico o ficticio continuo) y la oferta Q no regulado, aquél que garantiza el 85 % de permanencia, que en conclusión significa un Q mínimo que debe se garantido, y estadísticamente representa el caudal que tiene un 85 % de permanencia en el tiempo en el mes analizado (24 días sobre los 30).

Río sin regulación: El área a regar estará en función de la relación de Q y q:

Demanda	q1	q2	q3	q4	q5	q12
<u>Oferta</u>	<u>Q1</u>	<u>Q2</u>	<u>Q3</u>	<u>Q4</u>	<u>Q5</u>	<u>Q12</u>
Superficie	S1	S2	S3	S4	S5	S12

Cuando el río está total o parcialmente regulado la determinación de la superficie factible de ser regada, parte del cálculo del caudal módulo de regulación QM, que varía según el grado de regulación alcanzado, hasta un límite dado por la regulación total.

$$S = QM / q \text{ medio (totalmente regulado)}$$

$$S = Q \text{ parcialmente regulado } i / qi \text{ (i = N}^0 \text{ mes)}$$

Fuente subterránea:

La superficie regada se obtiene con el caudal de extracción asegurado o de explotación sin que se deprima la napa, y el caudal máximo de demanda.

$$S = Q \text{ bombeo} / q \text{ máx demanda}$$

XI.2. Métodos de Riego en la Parcela

Los métodos de riego son determinadas técnicas para infiltrar el agua a través de la superficie del suelo, con la finalidad de satisfacer las necesidades hídricas de los cultivos, en zonas con déficit.

Los métodos están condicionados por:

1. Los suelos, a través de la permeabilidad. Define la elección de un método.
2. Relieve y pendiente.
3. Cultivos. Algunos de ellos necesitan estar sumergidos en el agua como el arroz. Otras plantas necesitan que el tronco no se moje, lo que lleva a adoptar el método de riego por surcos (vid).
4. Recursos hídricos: algunos métodos son muy exigentes en cuanto a la cantidad de agua necesaria.
5. Mano de obra.
6. Eficiencia: también juega un papel muy importante, estando íntimamente ligada a la disponibilidad del recurso hídrico (a menor disponibilidad, mayor eficiencia).
7. Economía: es un gran condicionante de todo proyecto de riego.

XI.2.1. Clasificación: Superficiales, subterráneos, aspersión y localizado.

1. Métodos superficiales

- a) Surco.
- b) Inundación o melgas.
- c) Corrimiento (desbordamiento).

Hidráulica del riego por superficie: En el riego por superficie, el agua escurre a través de pequeños cauces (surcos) o en delgadas láminas que cubren íntegramente el terreno (melgas).

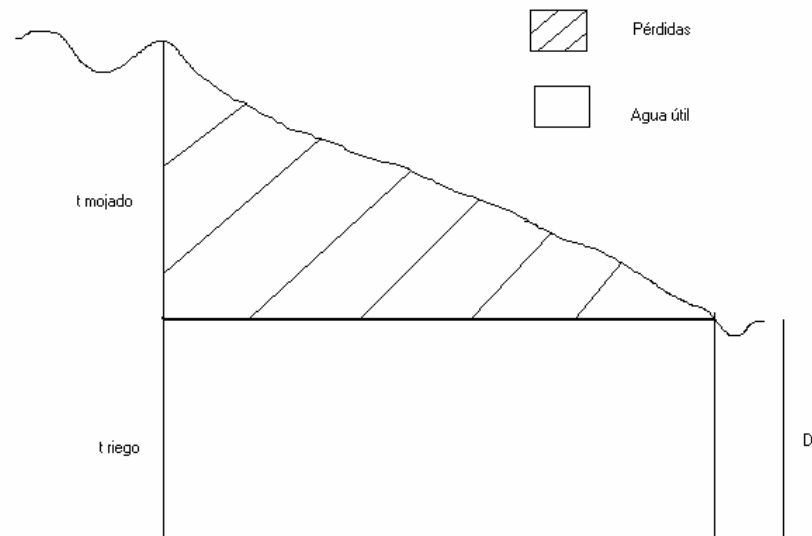
Hidráulicamente, los surcos y las melgas funcionan de la misma manera que los canales, la diferencia fundamental radica en que mientras en éstos se intenta conducir el máximo caudal posible a distancias considerables con la mínima pérdida por infiltración, en los surcos o melgas, precisamente lo que se intenta es hacer que en cortos recorridos se infiltre el agua que se conduce.

En los canales, despreciando las pérdidas por infiltración, el caudal se mantiene constante en toda su longitud, mientras que en los surcos o melgas el caudal es variable, decreciente, a medida que aumenta la distancia. Ello plantea especiales y complejos problemas que dificultan en parte la aplicación de los conceptos de mecánica de los fluidos, debiendo recurrirse incluso para el diseño a ensayos en el terreno.

Dado el gran número de variables que intervienen en la hidráulica del riego por superficie, se presenta una enumeración de las mismas:

1. Caudal aplicado.
2. Velocidad de avance del agua sobre el terreno.
3. Longitud de la parcela
4. Tirante de agua
5. Velocidad de infiltración.
6. Pendiente del terreno.
7. Aspereza del terreno.
8. Peligro de erosión.
9. Forma del surco o de la melga.
10. Lámina de agua a aplicar.

Eficiencia del riego por superficie: En los métodos de riego por superficie, además del tiempo de riego t_r debe tenerse en cuenta el tiempo de mojado t_m , tiempo de escurrimiento del agua a través del surco desde la cabecera hasta el pie de la parcela. Dicho t_m incide desfavorablemente, ya que si se calcula la duración del riego para la cabecera, ocurrirá un insuficiente humedecimiento en el pie:

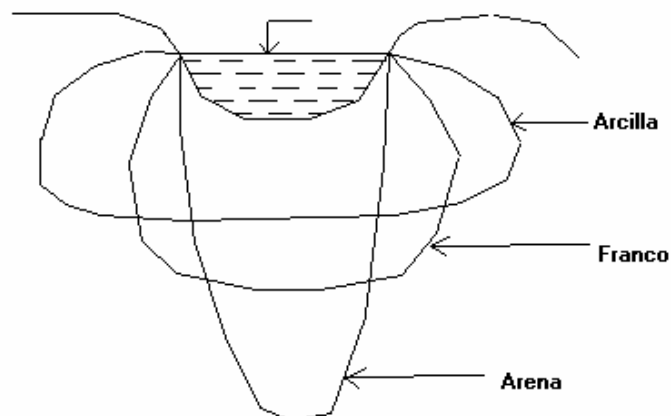


Lo lógico es tener en la cabecera una duración total del riego igual a $t_r + t_m$, a fin de que la humedad en el pie cubra completamente la profundidad radicular. En tal caso en la cabecera se producirán pérdidas por percolación profunda, cuya proporción depende del tiempo de mojado: o sea cuanto menor es t_m en relación a t_r , menores serán las pérdidas.

Dado que la velocidad de infiltración disminuye a medida que aumenta el tiempo, las diferencias entre la profundidad de suelo humedecido en cabeza y pie de la parcela no es directamente proporcional al tiempo. Ello ha permitido establecer una regla aceptada por la técnica del riego donde el tiempo de mojado en riego por superficie debe ser la cuarta parte del tiempo de riego: $t_m = t_r/4$.

Riego por surco: En este método la profundidad radicular D del suelo se humedece mediante la infiltración del agua a través del perímetro mojado de pequeños cauces que reciben el nombre de surcos. Dado que los surcos están espaciados, el agua cubre parcialmente el terreno entre surco y surco, y se humedecen por efecto del avance de humedad en profundidad y lateralmente.

La forma de penetración del agua y las dimensiones de la sección humedecida, dependen de la textura del suelo, de su variación en el perfil y del tiempo de aplicación del agua. La sección humedecida al regar por surcos en suelos de diferentes texturas, ha sido esquematizada así:



La profundidad radical se logra humedecer completamente al cruzarse las figuras que representen el avance lateral de la humedad de dos surcos contiguos.

Factores que favorecen la instalación del método: El riego por surco se adapta especialmente a los **cultivos en línea** dado que dicha disposición permite humedecer el volumen de suelo explorado por raíces, y acercar o retirar la humedad conforme al comportamiento y las exigencias del cultivo.

Se presta el riego por surcos a todos los tipos de suelos, con buena velocidad de infiltración y baja erodabilidad. Los suelos que mejor se adaptan son los francos y francos-arcillosos, los terrenos excesivamente ligeros no por las pérdidas en cabecera y tampoco los excesivamente arcillosos por las pérdidas por escorrentía.

Los costos de instalación y de operación del riego por surco no son elevados, ya que puede empleárselo con escasos trabajos de preparación para la implantación de cultivos.

Inconvenientes:

Salinidad: No es conveniente regar por surcos en terrenos salinos o con agua con sales. La razón de esto es que al subir el agua por capilaridad, ascienden también las sales, produciéndose una mayor concentración de sal en "los lomos".

Formas y dimensiones de los surcos

La forma de los surcos depende del implemento empleado para su construcción; puede ser de forma parabólica, triangular o rectangular. El tamaño del surco depende comúnmente del cultivo y de las labores culturales. Oscilan entre 10 y 40 cm. de ancho entre 5 y 20 cm. de profundidad. En general, los surcos son de menor tamaño cuando el cultivo es joven y va aumentando a medida que avanza el ciclo vegetativo del mismo.

Espaciamiento

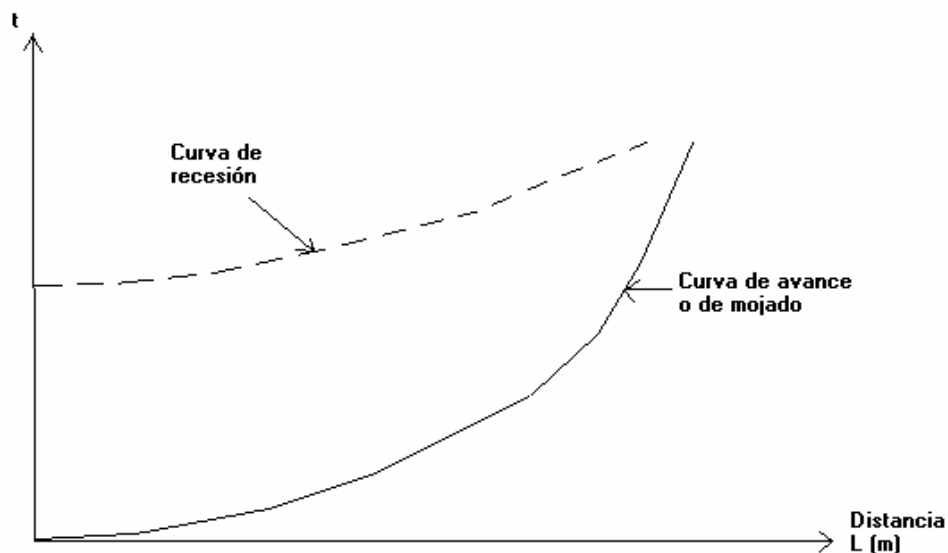
El espaciamiento de los surcos, o sea la distancia entre surco y surco, depende de la naturaleza física del suelo y de la profundidad del suelo que se intenta mojar.

Suelos	Separación (m)
Arenoso grueso (perfil uniforme)	0,30
Arenoso grueso s/subsuelo compacto	0,46
Arenoso fino a Franco arenoso (uniforme)	0,60
Arenoso fino o Franco arenoso s/subsuelo compacto	0,76
Franco arenoso a Franco limoso (uniforme)	0,90
Franco arenoso a Franco limoso s/subsuelo compacto	1,00
Franco arcilloso limoso (uniforme)	1,20
Suelos arcillosos	1,50

Pendiente y dirección de los surcos

Los surcos se construyen sin pendiente alguna (nivelados "a cero") y con pendiente (0,2 – 6%). En el primer caso no se produce escurrimiento de agua al pie, mientras que en el segundo sí. En los terrenos con pendiente la recesión de la lámina de agua sobre el terreno al "cortar el agua" en la cabecera debe ser tenida en cuenta, en el tiempo de riego.

La curva de recesión, muestra como en función del tiempo va desapareciendo la lámina de agua desde la cabecera hacia el pie de la parcela. Dicha curva es opuesta a la curva de avance, y en consecuencia tiende a compensar la desigualdad entre la lámina de agua infiltrada en la cabeza y en el pie de la parcela.



Caudal

Al igual que en los canales, el caudal que puede conducir un surco depende de la sección de escurrimiento y de sus condiciones hidráulicas. El caudal que resulta al aplicar está limitado por: a) en los suelos sin pendiente, por la sección de escurrimiento que ofrece el surco; b) en los suelos con pendiente, por la fuerza erosiva del agua.

Criddle ha dado una ecuación para calcular el caudal máximo no erosivo, q_e , en l/s, en función de la pendiente I %:

$$q_e = 0,63 / I$$

Longitud de los surcos

Para reducir las pérdidas de agua por percolación profunda, existen dos posibilidades: 1) aumentar del caudal aplicado; 2) reducir la longitud de los surcos. El caudal que puede aplicarse a un surco está limitado por el caudal máximo no erosivo, de modo que debe acortarse la longitud de los surcos para reducir las pérdidas.

Los agricultores comúnmente se resisten a reducir la longitud de los surcos ya que ello obliga a: a) fraccionamiento de la propiedad, b) aumento de la longitud de acequias y del número de obras de arte, y c) mayores dificultades en las labores mecanizadas.

Longitud y caudales máximos recomendables en surcos de riego según la pendiente y la textura del suelo.

Pendiente %	Caudal l/s	Longitud de los surcos en metros según textura					
		Lámina de agua (mm)					
		Gruesa		Media		Fina	
		50	100	50	100	50	100
0,25	2,50	150	220	250	350	320	460
0,50	1,20	105	145	170	245	225	310
0,75	0,85	80	115	140	190	175	250
1,00	0,60	70	100	115	165	150	230
1,50	0,40	60	80	95	130	120	175
2,00	0,30	50	70	80	110	105	145
3,00	0,16	40	55	65	90	80	120
5,00	0,11	30	40	50	79	65	90

Riego por inundación

En el riego por inundación el suelo se humedece al tiempo que el agua cubre con una delgada lámina la superficie. Dicha inundación puede ser natural, cuando se aprovecha la elevación de nivel de los ríos, caso de los deltas del río Nilo y Paraná; o puede ser artificial, en cuyo caso el hombre sistematiza los terrenos, conduce el agua y los inunda.

A su vez la inundación puede ser continua, en el caso especial de cultivos como el arroz, que requiere esas condiciones; o puede ser intermitente como ocurre en los demás cultivos, que se riega periódicamente o a intervalos, para reponer la humedad del suelo.

Dado que el arroz y los cultivos forrajeros representan la mayor parte del área cultivada e irrigada del mundo, la inundación es el método de riego más empleado.

Riego por melgas

Condiciones que favorecen la instalación del método: Se emplea el riego por melgas en cultivos de una gran densidad de siembra, en los cereales y forrajeras sembradas "al voleo". Los terrenos deben ser llanos y se presta el método para todos los tipos de suelos, siempre que tenga buena velocidad de infiltración y baja erodabilidad.

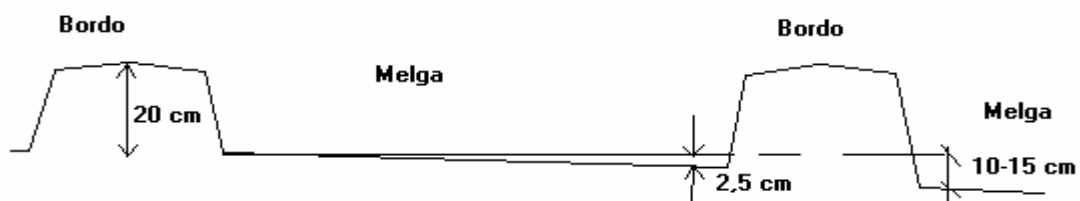
Dado que el caudal necesario para una misma longitud de melga es función del ancho de la faja o espaciamiento de los bordes, y teniendo en cuenta que, un reducido espaciamiento fraccionaría demasiado el área irrigada, se requiere para este sistema caudales grandes.

Pendiente

A fin de mantener una lámina uniforme en altura en todo el ancho de la melga, ésta debe estar completamente a nivel en el sentido transversal. En el sentido longitudinal, en la dirección del riego se presentan tres casos:

- 0% de pendiente, sin desagües al pie y sin efecto de recesión de la lámina.
- Leve pendiente, entre 0.1 y 0.5%, con desagües al pie e importante efecto de recesión de la lámina.
- Pendiente fuerte, entre 0.5 y 1% con desagües al pie y limitado efecto de recesión de la lámina.

Dado que el efecto erosivo es función de la pendiente, los valores óptimos en riego por melgas no superan 0.1 a 0.2 %. La melga no debe tener pendiente transversal, ello implica que el agua baje frontalmente. Como esto es difícil a veces se trabaja en forma escalonada.



Se toma como máximo un desnivel de 2,5 cm. Los bordos normalmente tienen una altura de 20 cm y un ancho variable (50 cm a 2 m), dependiendo del cultivo que se siembre, pues si pasan equipos por encima debe ser anchos.

Caudal

El caudal máximo no erosivo se determina experimentalmente, ensayando diferentes caudales, o aplicando ecuaciones empíricas como la de Criddle, que expresa:

$Q = 5,57 * S^{-0,75}$, con S como pendiente en %, y Q en l/s que representa el caudal máximo que puede ser aplicado por cada metro de ancho de melga.

Longitud de las melgas

Diversas determinaciones experimentales han sido volcadas en tablas que permiten seleccionar la longitud de la melga en función de la textura del terreno, pendiente y caudal:

Textura	I (%)	D (mm)	L (m)	A (m)	Q (l/s)
Gruesa	0,25	50	150	15	225
		100	245	15	200
		150	400	15	170
	1,00	50	90	12	35
		100	150	12	70
		150	275	12	70
	2,00	50	60	9	35
		100	90	9	30
		150	165	9	30
Media	0,28	50	245	15	200
		100	400	15	170
		150	400	15	100
	1,00	50	150	12	70
		100	350	12	70
		150	400	12	70
	2,00	50	90	9	30
		100	150	9	30
		150	300	9	30

Bibliografía:

- "Ingeniería del Riego. Utilización Racional del Agua". Guillermo Castañon. Editorial Paraninfo. 2000.
"Hidrología Agrícola Aplicada". Luque. Editorial Hemisferio Sur. 1981.
"Riego Localizado". Vermeiren y Jobling. FAO, 1986.

CAPITULO XI: **SISTEMAS Y METODOS DE RIEGO**

XI.1.1. Cantidad de agua requerida por los cultivos:

- a) Necesidades básicas: 1) Cultivo.
 - 2) Clima.
 - 3) Suelo.
- b) Necesidades secundarias: 4) Método de riego.
 - 5) Regante.
 - 6) Método de distribución.

Evapotranspiración potencial y real.

Aportes naturales.

Precipitación eficaz.

Pérdidas.

Eficiencias de conducción y aplicación.

Necesidad de agua para riego.

Dotación.

Caudal ficticio continuo (q).

XI.1.2. Operación del riego

Dosis de agua.

Turnado de riego.

Relación fundamental de riego.

Superficie máxima a regar. Ríos no regulados, regulados total y parcialmente. Fuente subterránea.

XI.2. Métodos de Riego en la Parcela.

Métodos superficiales: Surcos, melgas y desbordes.

Variables participantes.

Riego por surco:

Bulbo de mojado.

Ventajas e inconvenientes.

Dimensiones.

Pendiente.

Caudal.

Tabla de longitudes.

Riego por inundación o melgas:

Condiciones.

Pendiente.

Caudal.

Tabla de longitud.

Filminas riego por aspersion.

Filminas riego por goteo.